

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-261591

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

B 63 H 1/28  
5/15

識別記号

庁内整理番号

A-7723-3D  
7723-3D

⑭ 公開 昭和62年(1987)11月13日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑮ 発明の名称 船舶の推進性能向上装置

⑯ 特 願 昭61-105467

⑰ 出 願 昭61(1986)5月7日

⑱ 発 明 者 星 野 徹 二 長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工業株式会社長崎研究所内

⑲ 出 願 人 三菱重工業株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目5番1号

⑳ 復代理人 弁理士 飯沼 義彦 外1名

明 細 書

1 発明の名称

船舶の推進性能向上装置

2 特許請求の範囲

船舶のスクリュウプロペラの外周部に同スクリュウプロペラを取り囲むノズルをそなえ、同ノズルの後部において同ノズルの固定前部に対し自由に回転しうるように設けられたノズル後端可回転部と、同ノズル後端可回転部の内周から同ノズルの中心軸線へ向け突設されて上配スクリュウプロペラの後流により回転駆動されるタービン部と、上配ノズル後端可回転部の外周から放射状に突設されたプロペラ部とからなる遊転プロペラが設けられたことを特徴とする、船舶の推進性能向上装置。

3 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、船舶の推進性能を向上させるための装置に関し、特にスクリュウプロペラ後流の回転エネルギーを推力として回収するようにした、船舶の推進性能向上装置に関する。

(従来の技術)

一般に、スクリュウプロペラ後流の回転エネルギーを推力として回収する船舶の推進性能向上装置としては、第3、4図に示すようなものがあり、スクリュウプロペラ4の後方に遊転プロペラ6が配設されている。

つまり、船体1後端のスターンフレーム1.1にはボッシング8が形成され、同ボッシング8にプロペラ軸3が回転自在に保持される。このプロペラ軸3の前端は、船体1内部の主機2に連結され、その後端はスクリュウプロペラ4のプロペラボス4aに連結・固着される。スクリュウプロペラ4は複数のプロペラ翼5(本従来例では4枚)で構成されていて、各プロペラ翼は、プロペラボス4aから半径方向に向けてほぼ直線状に突設され、正回転時に前方向に推力Tを発生するようにひねって形成されている。

また、スクリュウプロペラのプロペラボス4aの後端には、遊転プロペラのプロペラボス6aがスクリュウプロペラのプロペラボス4aと同軸的

にそなえられ、遊艇プロペラ6は、中心軸線回りに自由に回転できるようになっている。

この遊艇プロペラ6は、複数のプロペラ翼7(本従来例では7枚)で構成されていて、各プロペラ翼7は、遊艇プロペラのプロペラボス6aから半径方向に向けて直線状に突設されている。

そして、遊艇プロペラ6のプロペラ径は、スクリュープロペラ4のプロペラ径より大きく設定され、遊艇プロペラ6の各プロペラ翼7において、回転中心寄りのスクリュープロペラ4の後流中には、遊艇プロペラのタービン部7aが形成され、同タービン部7aより外方には、遊艇プロペラのプロペラ部7bが形成される。

このタービン部7aはスクリュープロペラ後流9により回転駆動され、こうして加えられるタービン部7aへの駆動力により、遊艇プロペラ6が、スクリュープロペラ4よりも少ない回転数でプロペラ4と同一の方向に回転するように、タービン部7aの翼面の迎角が設定されている。

また、遊艇プロペラのプロペラ部7bの翼面は、

対抗して釣り合うようにはたき、一方、軸方向の分力Tが船体1を前進航走させるための推力として利用される。

スクリュープロペラ4の後流において、同スクリュープロペラ4の後流9の作用により遊艇プロペラ6が、第6、7図の矢印Bで示すような方向に回転駆動される。

このように回転駆動される遊艇プロペラ6のタービン部7aにおいては、第6図に示すように、スクリュープロペラ4により加速されて、大きな軸方向流入速度 $V_{xt}$ と周方向流入速度 $V_{lt}$ との合速度 $W_t(=\sqrt{V_{xt}^2+V_{lt}^2})$ で海水が流入し、この結果、遊艇プロペラ6のタービン部7aには揚力 $L_t$ と抗力 $D_t$ が発生する。

この揚力 $L_t$ と抗力 $D_t$ との合力 $R_t$ は、軸方向の分力 $T_t$ と周方向の分力 $F_t$ とに分けられ、遊艇プロペラ6には、このような分力 $T_t$ と分力 $F_t$ とが作用すると考えられる。そして、周方向の分力 $F_t$ により遊艇プロペラ6は矢印Bの示す方向に回転駆動されるとともに、軸方向の分力 $T_t$ は船

遊艇プロペラ6の回転時に、船体1の前方への推力 $T_p$ が発生するように大きくひねった形状になっている。

上述の構成により、スクリュープロペラ4が主機2によって正転駆動されて船体1は前進航走し、この場合におけるスクリュープロペラのプロペラ翼5、遊艇プロペラのタービン部7aおよび同遊艇プロペラのプロペラ部7bにはたらく流体力の作用は、それぞれ第5～7図に示すようになる。

つまり、第5図に示すように、矢印Aで回転するスクリュープロペラのプロペラ翼5においては、軸方向流入速度 $V_x$ と周方向流入速度 $V_l$ との合速度 $W(=\sqrt{V_x^2+V_l^2})$ で海水が流入し、この結果、スクリュープロペラのプロペラ翼5には揚力 $L$ と抗力 $D$ が発生する。

この揚力 $L$ と抗力 $D$ との合力 $R$ は、軸方向の分力 $T$ と周方向の分力 $F$ とに分けられ、プロペラ翼5には、このような分力 $T$ と分力 $F$ とが作用すると考えられる。そして、周方向の分力 $F$ は、同分力 $F$ と反対方向にはたらく主機2によるトルクと

船体1の前進航走を妨げる抗力として船体1の後方へ作用する。

さらに、上述のようにして回転駆動される遊艇プロペラ6のプロペラ部7bにおいては、第7図に示すように、軸方向流入速度 $V_{xp}$ と周方向流入速度 $V_{lp}$ との合速度 $W_p(=\sqrt{V_{xp}^2+V_{lp}^2})$ で海水が流入し、この結果、遊艇プロペラ6のプロペラ部7bには揚力 $L_p$ と抗力 $D_p$ が発生する。

この揚力 $L_p$ と抗力 $D_p$ との合力 $R_p$ は、軸方向の分力 $T_p$ と周方向の分力 $F_p$ とに分けられ、遊艇プロペラ6には、このような分力 $T_p$ と分力 $F_p$ とが作用すると考えられる。そして、軸方向の分力 $T_p$ は船体1を前進航走させるための推力として船体1の前方へ作用する。

また、プロペラ部7bに作用する周方向の分力 $F_p$ は、同分力 $F_p$ と反対方向にはたらくタービン部7aの周方向分力 $F_t$ によるトルクと対抗して釣り合うようにはたき、遊艇プロペラ6においてプロペラ軸3回りのトルクは発生しない。

このような従来機の推進性能向上装置により、船

体1に作用する全体の推力 $T_a$ は次の式で表わされる。

$$T_a = T + T_p - T_r$$

また、遊艇プロペラ6のタービン部7aを所望の迎角に設定して遊艇プロペラ6の回転数 $N_y$ がスクリュープロペラ4の回転数 $N_s$ よりも小さくなるようにすることにより、遊艇プロペラ6のプロペラ部7bに作用する軸方向の分力 $T_p$ の大きさを、同遊艇プロペラ6のタービン部7aに作用する軸方向の分力 $T_r$ の大きさよりも大きくすることができる。

そして、このように各回転数 $N_y, N_s$ を設定することで、全体の推力 $T_a$ をスクリュープロペラ4のみにより発生する推力 $T$ よりも大きくして、船舶の推進性能を向上させて、船速の増加や、燃費の低減化を図っている。

(発明が解決しようとする問題点)

ところで、上述のような従来の船舶の推進性能向上装置において、遊艇プロペラ6が最も効率良く作動するためには、同遊艇プロペラ6における

向上できるが、遊艇プロペラボス6aは、比較的直径が小さいため、遊艇プロペラボス6aに設置できる遊艇プロペラ6のプロペラ翼7の翼数も限定されてしまい、推進性能を十分に向上させられないという問題点もある。

また、遊艇プロペラのタービン部7aにおいて遊艇プロペラボス6aの近傍に流入する後流9の流速は極めて小さく、同後流9がタービン部7aに流入しても遊艇プロペラ6を回転させるための回転駆動力とならず、むしろこの部分では船体の推進に対して抵抗として作用してしまい、船舶の推進効率をかえって劣化しているという問題点もある。

本発明は、上述の諸問題の解決をはかろうとするもので、船舶のスクリュープロペラの外周部にノズルを取り囲むようにして配設して、スクリュープロペラの後流を確実に遊艇プロペラのタービン部のみに案内するとともに、同ノズルの後部に設けられたノズル後端可回転部に、タービン部およびプロペラ部からなる遊艇プロペラを設けることで、タービン部とプロペラ部との間の変換部お

タービン部7aのプロペラ円とスクリュープロペラ4により発生する後流9の領域範囲とが一致する必要がある。

しかしながら、従来の船舶の推進性能向上装置では、スクリュープロペラ4の後方において、後流9の領域範囲が、スクリュープロペラ4の作動条件等により変化してしまうため、常に後流9の領域範囲が必ずしも遊艇プロペラのタービン部7aのプロペラ円と一致するとは限らず、期待する推進性能の向上が得られないことがあるという問題点がある。

また、従来の船舶の推進性能向上装置の遊艇プロペラ6では、相互に異面の角度が異なるように設定されるタービン部7aとプロペラ部7bとの間には相互に接合するための変換部を設ける必要があり、この変換部の分だけ船体抵抗が増加してしまい、この部分においては船舶の推進効率の向上が望めないという問題点がある。

さらに、一般に遊艇プロペラ6では、そのプロペラ翼7の数が多くて効率よく船舶の推進性能を

よびプロペラボス後方近傍における船体抵抗を除去し、さらに遊艇プロペラのプロペラ翼数を増加可能にして、より効率よい船舶の推進性能の向上をできるようにした、船舶の推進性能向上装置を提供することを目的とする。

(問題点を解決するための手段)

このため、本発明の船舶の推進性能向上装置は、船舶のスクリュープロペラの外周部に同スクリュープロペラを取り囲むノズルをそなえ、同ノズルの後部において同ノズルの固定前部に対し自由に回転しうるように設けられたノズル後端可回転部と、同ノズル後端可回転部の内周から同ノズルの中心軸線へ向け突設されて上記スクリュープロペラの後流により回転駆動されるタービン部と、上記ノズル後端可回転部の外周から放射状に突設されたプロペラ部とからなる遊艇プロペラが設けられたことを特徴としている。

(作 用)

上述の本発明の船舶の推進性能向上装置では、船舶の前進航行時において、スクリュープロペラ

が船体内部に設けられた主機により正回転駆動されて船体を推進させて、同スクリーブローラの回転によって生じる吸力が、ノズルに案内されながら遊転プロペラのタービン部に流入し、同遊転プロペラを上記スクリーブローラと同一方向に上記スクリーブローラよりも少ない回転数で回転駆動することで、上記遊転プロペラのプロペラ部でも船体推進力が発生する。

〔実施例〕

以下、図面により本発明の一実施例としての船舶の推進性能向上装置について説明すると、第1図は本装置を装備した船舶の船尾部分を模式的に示す側面図、第2図はその正面図である。

第1,2図に示すように、スクリーブローラ4の外周には、同スクリーブローラ4を取り囲むようにノズル12が配設され、同ノズル12後端の可回転部12bに遊転プロペラ6が配設されている。

つまり、船体1後端のスターンフレーム11にはボッシング8が形成され、同ボッシング8にプ

ローラ軸3が回転自在に保持される。このプロペラ軸3の前部は、船体1内部の主機2に連結され、その後部はスクリーブローラ4のプロペラボス4aに連結・固定される。スクリーブローラ4は複数のプロペラ翼5(本実施例では4枚)で構成されている。

これらのプロペラ翼5は、正回転時に前方に推力が発生するように翼面が適当にひねられてプロペラボス4aから突設されている。

同スクリーブローラ4の外周部には、同スクリーブローラ4を取り囲むようなノズル12がノズル支持部材13を介して船体1に支持されながら配設されている。

このノズル12は、ノズル支持部材13に固定された固定前部12aと、同固定前部12aに対して自由に回転するように固定前部12aの後方にそなえられたノズル後部可回転部12bとから構成されている。

ノズル12のノズル後部可回転部12bの後部には、遊転プロペラ6のプロペラ翼7が複数(本

実施例では7枚)放射状にそなえられている。この各プロペラ翼7は、ノズル後部可回転部12bの内周からノズル12の中心軸線へ向けて同中心軸線から所定距離だけ離れたところまで突設されスクリーブローラ4の後流9により回転駆動されるタービン部7aと、ノズル後部可回転部12bの外周から放射状外方へ突設されたプロペラ部7bとからなっている。

また、各プロペラ翼7の相互間には、それぞれプロペラ部7bのみからなるプロペラ翼7'が複数(本実施例では7枚)そなえられている。

そして、このような複数のプロペラ翼7,7'とノズル後部可回転部12bとから遊転プロペラ6が構成されている。

なお、タービン部7aのノズル12の中心軸線に向かう各内周の、同中心軸線からの所定距離は、スクリーブローラ4の後流9が十分なタービン部7aのための駆動力を有する後流9の領域の限界部分に対応する。

なお、ノズル12の断面形状は船舶の前進航走

時において、流体力の作用により前方への水力 $T_H$ が発生するように設定されている。

このタービン部7aは、ノズル12に案内されて流入するスクリーブローラ後流9により回転駆動され、こうして加えられるタービン部7aへの駆動力によって、遊転プロペラ6が、スクリーブローラ4よりも少ない回転数でプロペラ4と同一の方向に回転するように、タービン部7aの翼面の迎角が設定されている。

なお、遊転プロペラのプロペラ部7bの翼面は、遊転プロペラ6の回転時に、船体1の前方への推力 $T_P$ が発生するようにタービン部7aに対してタービン部7aに対して大きくひねった形状になっている。

本発明の一実施例としての船舶の推進性能向上装置は上述のごとく構成されているので、スクリーブローラ4が主機2によって正回転駆動されて船体1は前進航走し、この場合におけるスクリーブローラのプロペラ翼5、遊転プロペラのタービン部7aおよび同遊転プロペラのプロペラ部7bに

はたらく流体力の作用は、それぞれ従来と同様に第5〜7図に示すようになる。

つまり、第5図に示すように、矢印Aで回転するスクリュウプロペラのプロペラ翼5においては、軸方向流入速度 $V_x$ と周方向流入速度 $V_t$ との合速度 $W(=\sqrt{V_x^2+V_t^2})$ で海水が流入し、この結果、スクリュウプロペラのプロペラ翼5には揚力 $L$ と抗力 $D$ が発生する。

この揚力 $L$ と抗力 $D$ との合力 $R$ は、軸方向の分力 $T$ と周方向の分力 $F$ とに分けられ、プロペラ翼5には、このような分力 $T$ と分力 $F$ とが作用すると考えられる。そして、周方向の分力 $F$ は、同分力 $F$ と反対方向にはたらく主軸2によるトルクと対抗して釣り合うようにはたらく、一方、軸方向の分力 $T$ が船体1を前進させるための推力として利用される。

スクリュウプロペラ4の後流9において、同スクリュウプロペラ4の後流9は、ノズル12に案内されながら遊艇プロペラのタービン部7aに流入し、この後流9の作用により遊艇プロペラ6が、

速度 $V_{tp}$ との合速度 $W_p(=\sqrt{V_{xp}^2+V_{tp}^2})$ で海水が流入し、この結果、遊艇プロペラ6のプロペラ部7bには揚力 $L_p$ と抗力 $D_p$ が発生する。

この揚力 $L_p$ と抗力 $D_p$ との合力 $R_p$ は、軸方向の分力 $T_p$ と周方向の分力 $F_p$ とに分けられ、遊艇プロペラ6には、このような分力 $T_p$ と分力 $F_p$ とが作用すると考えられる。そして、軸方向の分力 $T_p$ は船体1を前進させるための推力として船体1の前方へ作用する。

また、プロペラ部7bに作用する周方向の分力 $F_p$ は、同分力 $F_p$ と反対方向にはたらくタービン部7aの周方向分力 $F_t$ によるトルクと対抗して釣り合うようにはたらく、遊艇プロペラ6においてプロペラ軸3回りのトルクは発生しない。

このため、船体1に作用する全体の推力 $T_a$ は次の式で表わされる。

$$T_a = T + T_p - T_r$$

そして、遊艇プロペラ6のタービン部7aを所望の迎角に設定して遊艇プロペラ6の回転数 $N_r$ がスクリュウプロペラ4の回転数 $N_s$ よりも小さ

第6,7図の矢印Bで示すような方向に回転駆動される。

このように回転駆動される遊艇プロペラ6のタービン部7aにおいては、第6図に示すように、スクリュウプロペラ4により加速されて、大きな軸方向流入速度 $V_{xt}$ と周方向流入速度 $V_{tr}$ との合速度 $W_r(=\sqrt{V_{xt}^2+V_{tr}^2})$ で海水が流入し、この結果、遊艇プロペラ6のタービン部7aには揚力 $L_r$ と抗力 $D_r$ が発生する。

この揚力 $L_r$ と抗力 $D_r$ との合力 $R_r$ は、軸方向の分力 $T_r$ と周方向の分力 $F_r$ とに分けられ、遊艇プロペラ6には、このような分力 $T_r$ と分力 $F_r$ が作用すると考えられる。そして、周方向の分力 $F_r$ により遊艇プロペラ6は矢印Bの示す方向に回転駆動されるとともに、軸方向の分力 $T_r$ は船体1の前進を助ける抗力として船体1の後方へ作用する。

さらに、上述のようにして回転駆動される遊艇プロペラ6のプロペラ部7bにおいては、第7図に示すように、軸方向流入速度 $V_{xp}$ と周方向流入

速度 $V_{tp}$ との合速度 $W_p(=\sqrt{V_{xp}^2+V_{tp}^2})$ で海水が流入し、この結果、遊艇プロペラ6のプロペラ部7bには揚力 $L_p$ と抗力 $D_p$ が発生する。

この揚力 $L_p$ と抗力 $D_p$ との合力 $R_p$ は、軸方向の分力 $T_p$ と周方向の分力 $F_p$ とに分けられ、遊艇プロペラ6には、このような分力 $T_p$ と分力 $F_p$ とが作用すると考えられる。そして、軸方向の分力 $T_p$ は船体1を前進させるための推力として船体1の前方へ作用する。

また、プロペラ部7bに作用する周方向の分力 $F_p$ は、同分力 $F_p$ と反対方向にはたらくタービン部7aの周方向分力 $F_t$ によるトルクと対抗して釣り合うようにはたらく、遊艇プロペラ6においてプロペラ軸3回りのトルクは発生しない。

このため、船体1に作用する全体の推力 $T_a$ は

変化が大きくても、タービン部7aとプロペラ部7bとを最良の異角に設定できる。

さらに、従来かえって船体抵抗となっていたプロペラボス4後方近傍には、タービン部が形成されないため、この部分での抵抗が除去される。

そして、本実施例では、ノズル後端可回転部12bに遊転プロペラのプロペラ翼7が設置されるため、プロペラ翼7の数を従来より大幅に増加させることができ、船舶の推進性能をより大きく向上させることができる。

さらに、タービン部7aの枚数とプロペラ部7bの枚数とを一致させる必要がないため、それぞれを最適枚数だけ設けることができる利点もある。

このようにして、遊転プロペラ6による船舶の推進性能の向上を極めて効率的に実現できるという効果がある。

また、ノズル12による推進力も推進性能の向上に寄与している。

〔発明の効果〕

以上詳述したように、本発明の船舶の推進性能

向上装置によれば、船舶のスクリュープロペラの外周部に同スクリュープロペラを取り囲むノズルをそなえ、同ノズルの後部において同ノズルの固定前部に対し自由に回転しうるように設けられたノズル後端可回転部と、同ノズル後端可回転部の内周から同ノズルの中心軸線へ向け突設されて上記スクリュープロペラの後流により回転駆動されるタービン部と、上記ノズル後端可回転部の外周から放射状に突設されたプロペラ部とからなる遊転プロペラが設けられるという簡単な構成により、遊転プロペラにおける抵抗を軽減するとともに、スクリュープロペラの後流を遊転プロペラのタービン部のみに確実に案内して、遊転プロペラによる船舶の推進性能の向上を極めて効率的に実現でき、船舶の速力や燃費を確実に向上させることができるという効果がある。

また、ノズル自体に発生する推進力も船舶の推進性能向上に寄与するという利点がある。

#### 4 図面の簡単な説明

第1,2図は本考案の一実施例としての船舶の

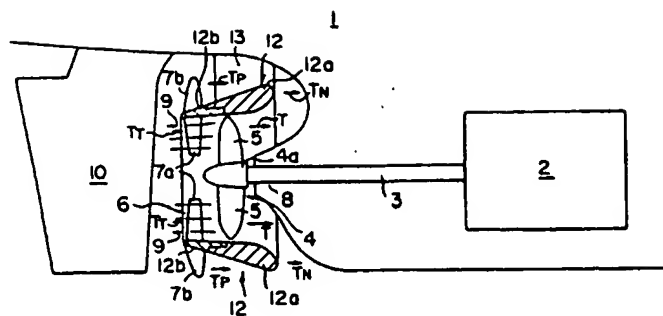
推進性能向上装置を示すもので、第1図は本装置を装備した船舶の船尾部を模式的に示す縦断面図、第2図はその正面図であり、第3～7図は従来の船舶の推進性能向上装置を示すもので、第3図は同装置を装備した船舶の船尾部を模式的に示す縦断面図、第4図は同装置の正面図、第5図は同装置に用いられるスクリュープロペラの作用を示すための模式的な異断面図、第6図は同装置に用いられる遊転プロペラのタービン部の作用を示すための模式的な異断面図、第7図は同装置に用いられる遊転プロペラのプロペラ部の作用を示すための模式的な異断面図である。

1・・・船体、2・・・主機、3・・・プロペラ軸、4・・・スクリュープロペラ、4a・・・スクリュープロペラのプロペラボス、5・・・スクリュープロペラのプロペラ翼、6・・・遊転プロペラ、7,7'・・・遊転プロペラのプロペラ翼、7a・・・遊転プロペラのタービン部、7b・・・遊転プロペラのプロペラ部、8・・・ボッシング、9・・・スクリュープロペラにより発生する後流、10・・・舵、11

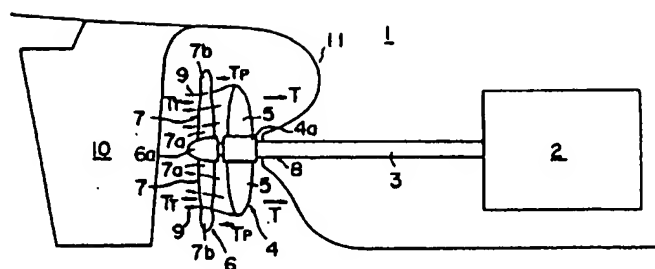
・・・スタンフレーム、12・・・ノズル、12a・・・固定前部、12b・・・ノズル後端可回転部、13・・・ノズル支持部材、D,D<sub>r</sub>,D<sub>p</sub>・・・抗力、F,F<sub>r</sub>,F<sub>p</sub>・・・周方向分力、L,L<sub>r</sub>,L<sub>p</sub>・・・揚力、R,R<sub>r</sub>,R<sub>p</sub>・・・合力、T・・・スクリュープロペラにおいて発生する前方向への推力、T<sub>p</sub>・・・遊転プロペラのプロペラ部において発生する前方向への推力、T<sub>r</sub>・・・遊転プロペラのタービン部において発生する抗力、T<sub>a</sub>・・・本考案の船舶の推進性能向上装置を装備した船舶全体の推力、W,W<sub>r</sub>,W<sub>p</sub>・・・プロペラに流入する流れの速度。

復代理人 弁理士 飯 沼 義 彦

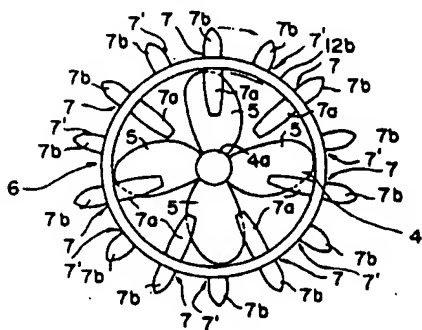
第 1 図



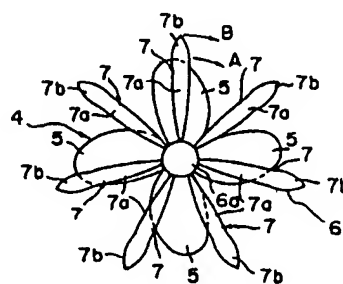
第 3 図



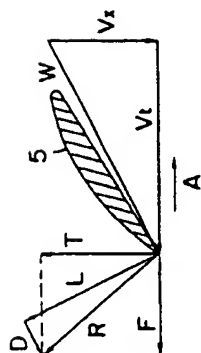
第 2 図



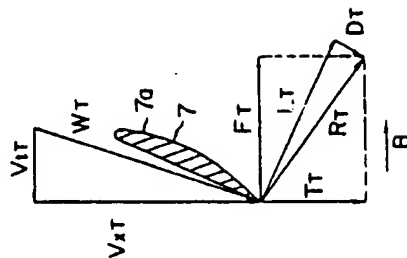
第 4 図



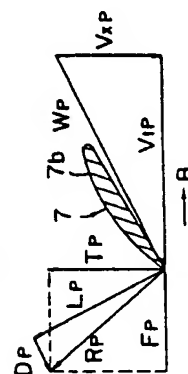
第 5 図



第 6 図



第 7 図



## 手続補正書

昭和62年 2月25日

特許庁長官 黒田明雄 殿

## 1 事件の表示

昭和61年 特 許 願 第105467号

適

## 2 発明の名称

船舶の推進性能向上装置

## 3 補正をする者

事件との関係 出願人

郵便番号 100

住所 東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

名称(620) 三菱重工業株式会社

## 4 代理人

郵便番号 160

住所 東京都新宿区南元町5番地3号

小田急信濃町マンション第706号室

氏名(7140) 弁護士 飯沼義彦  
電話359-6388番方 式  
審 査

## 5 補正命令の日付

(自発補正)

## 6 補正の対象

明細書の発明の詳細な説明の欄および図面の簡単な説明の欄。

## 7 補正の内容

(1) 明細書第14頁第1行に記載された「水力」を「推力」に補正する。

(2) 明細書第14頁第13行に記載された「タービン部7aに対して」を削除する。

(3) 明細書第17頁第14行に記載された「・・・発生しない。」の次に改行して、以下の文を加入する。

「さらに、アロペラ5による誘導速度がノズル12に作用するためノズル12にも推力 $T_N$ が発生する。」(4) 明細書第17頁第17行に記載された「 $T_a = T + T_p - T_r$ 」を次のとおり補正する。「 $T_a = T + T_p + T_N - T_r$ 」

(5) 明細書第22頁第8行に記載された「・・・推力。」の次に次の語句を加入する。

「 $T_N$ ・・・ノズルに発生する前方向への推力。」